

SWORD

XDI-SWORD-IMG-008

Lab8: 图像处理滤波器实验

5: 二值模板匹配

Joseph Xu

2018-5-17

修改记录

版本号.	作者	描述	修改日期
1.0	Joseph Xu	初稿	2018-5-17

审核记录

姓名	职务	签字	日期

目录

修改记录.....	1
审核记录.....	1
1. 实验简介.....	6
1.1 概述.....	6
1.2 实验目标.....	6
1.3 实验条件.....	7
1.4 实验原理.....	7
2. 二值图腐蚀实验流程.....	11
2.1 操作步骤.....	11
3. 二值模板匹配实验结果.....	26


	标题	文档编号	版本	页
	Lab8: 图像处理滤波器实验 5	XDI-SWORD-IMG-008	1.0	2 of 26
	作者	修改日期	公开	
	Joseph Xu	2018/5/17		

图 1-1	实验连接示意图.....	7
图 1-2	图像对比度调节连接示意图.....	8
图 1-3	RowGenerator IP	8
图 1-4	WindowGenerator IP	9
图 1-5	MeanFilter IP	10
图 2-1	复制一个实验 7 副本.....	11
图 2-2	重命名实验目录.....	11
图 2-3	启动 Vivado.....	12
图 2-4	打开工程.....	12
图 2-5	实验初始视图.....	13
图 2-6	添加二值模板匹配 IP.....	13
图 2-7	添加二值模板匹配 IP 后的视图.....	14
图 2-8	二值模板匹配 IP 配置.....	14
图 2-9	删除腐蚀膨胀 IP.....	15
图 2-10	删除腐蚀膨胀 IP 后的视图	16
图 2-11	删除 xlconstant_0 后的 IP 视图.....	17
图 2-14	配置匹配模板输入.....	18
图 2-20	端口连接检查.....	19
图 2-28	保存设计.....	19
图 2-29	创建实验顶层 Wrapper 文件	20
图 2-30	自动更新顶层文件.....	20
图 2-31	打开 lab1.xdc 文件	20
图 2-32	修改 lab1.xdc 文件	21
图 2-33	Generate Bitstream.....	21
图 2-34	点击 Yes 确认生成 bit 文件.....	21
图 2-35	打开 Hardware Manager	22
图 2-36	硬件连接对应位置.....	23
图 2-37	实际硬件连接.....	23
图 2-38	Open target	24
图 2-39	Program Device	24
图 2-40	烧写目标器件.....	25
图 2-41	编程进度条.....	25



	标题	文档编号	版本	页
	Lab8: 图像处理滤波器实验 5	XDI-SWORD-IMG-008	1.0	3 of 26
	作者	修改日期	公开	
	Joseph Xu	2018/5/17		

图 3-1 二值模板匹配显示结果.....26

	标题	文档编号	版本	页
	Lab8: 图像处理滤波器实验 5	XDI-SWORD-IMG-008	1.0	4 of 26
	作者	修改日期	公开	
	Joseph Xu	2018/5/17		

表目录

表 1	RowGenerator IP 端口列表	8
表 2	WindowGenerator IP 端口列表.....	9
表 3	MeanFilter IP 端口列表	10

	标题	文档编号	版本	页
	Lab8: 图像处理滤波器实验 5	XDI-SWORD-IMG-008	1.0	5 of 26
	作者	修改日期	公开	
	Joseph Xu	2018/5/17		

1. 实验简介

该实验通过一定尺寸的滑动窗口尺寸的图像模板进行匹配，并将匹配结果输出。

- **对于初学者，整个实验预计耗时 1 小时。**
- **对于进阶者，整个实验预计耗时 10 分钟。**

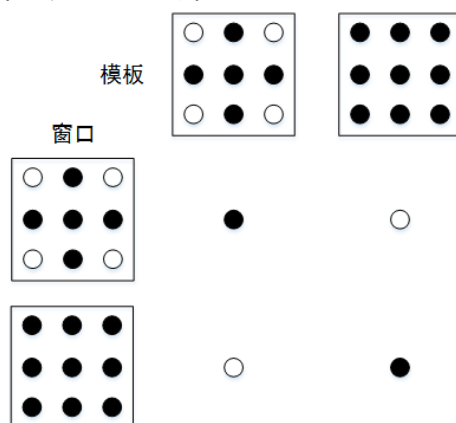
1.1 概述

二值模板匹配也可以看做是一种形态学操作，比起腐蚀膨胀它的目的更为极端和明确，如果一个窗口与模板完全一致，则保留中心像素，否则消除。这种效果适用于一些细化算法，比如在某些迭代算法中作为最后迭代结束的一个参照。

二值模板匹配的基本原理很简单，如式 1 所示，如果窗口和模板完全一致，则中心像素保留，否则置 0，效果如下图所示。


$$Q = \bigvee_{i,j \in T} I[x+i, y+j] \quad (\text{式 1})$$

其中 I 为输入， T 为模板， \wedge 为逻辑与操作。



1.2 实验目标

本实验的目标为 SWORD4.0 能够对 HDMI 输入的图像画面进行模板匹配后在显示器上输出的视频画面。

	标题	文档编号	版本	页
	Lab8: 图像处理滤波器实验 5	XDI-SWORD-IMG-008	1.0	6 of 26
	作者	修改日期	公开	
	Joseph Xu	2018/5/17		

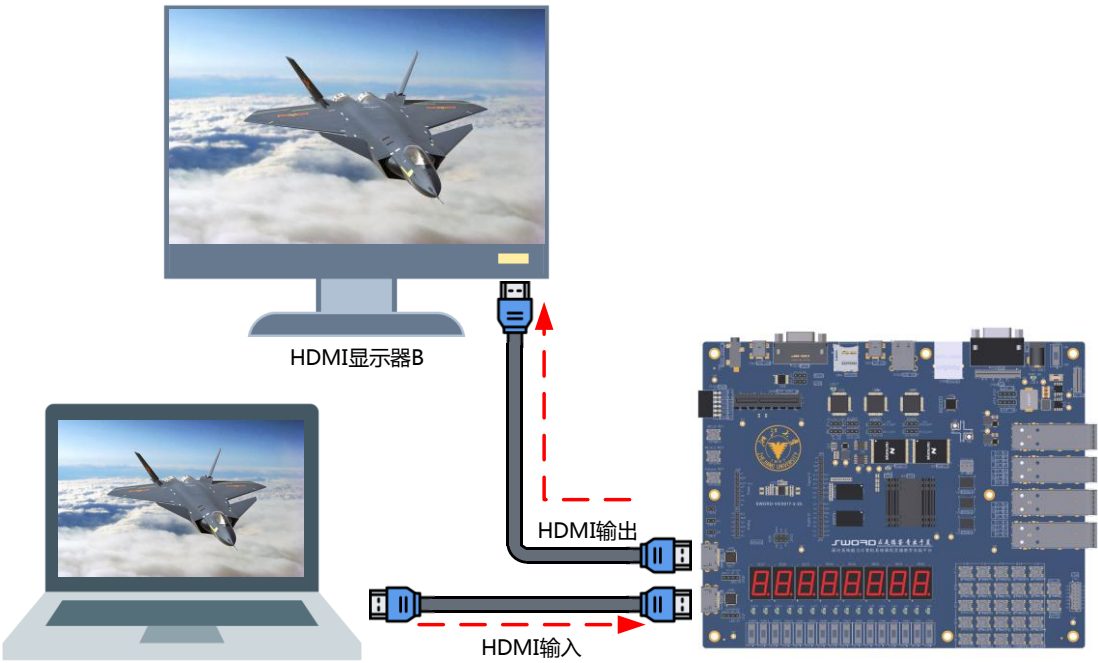
1.3 实验条件

类别	名称	数量	说明
硬件	SWORD4.0	1	
	HDMI 信号源	1	如笔记本 HDMI 输出/台式计算机 HDMI 输出/带 HDMI 输出的视频机顶盒
	带 HDMI 接口的显示器	1	
	HDMI 视频线	2	
软件	Vivado Design Suite	1	版本：2014.4
	视频接口 IP 库	1	FPGA-Image-Library.zip*

*注：FPGA-Image-Library 为戴天宇开发的一个开源图像处理 IP 库，该 IP 库遵循 LGPL，详情请见：<http://fil.dtysky.moe>

1.4 实验原理

该实验的连接方式如下图所示：



说明：本实验中HDMI输入视频的分辨率和输出视频的分辨率相同

图 1-1 实验连接示意图

实验利用了 1 个 IP 来实现对比度变换：ContrastTransform。其中：对比度变换实验

	标题	文档编号	版本	页
	Lab8: 图像处理滤波器实验 5	XDI-SWORD-IMG-008	1.0	7 of 26
	作者	修改日期	公开	
	Joseph Xu	2018/5/17		

IP 连接示意图如下图所示：

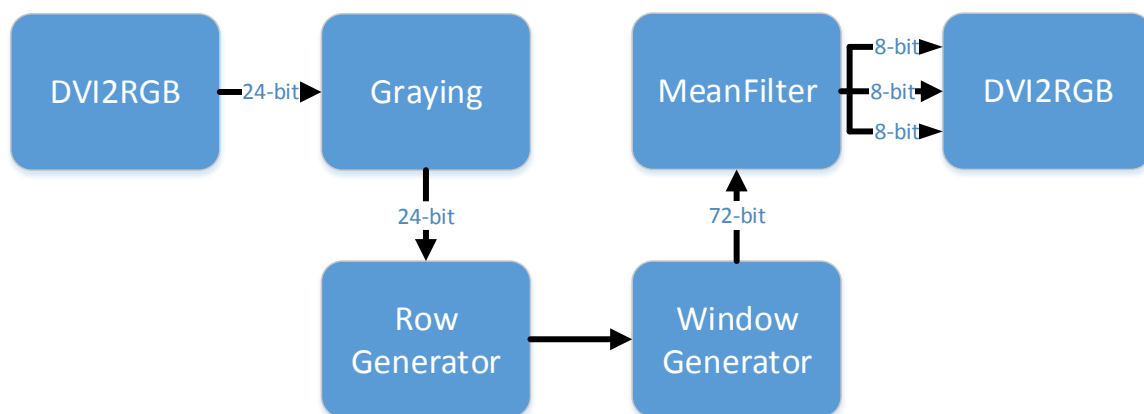


图 1-2 图像对比度调节连接示意图

RowGenerator 这个 IP 的作用是行缓存。

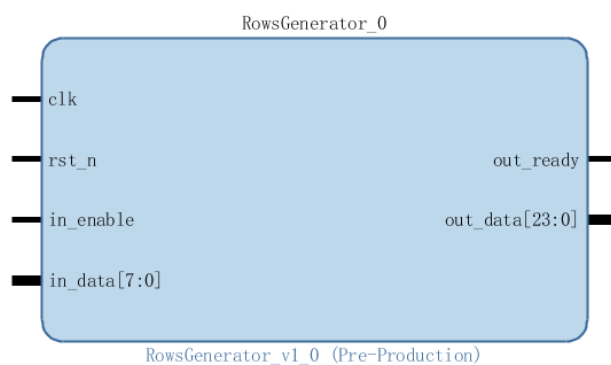



图 1-3 RowGenerator IP

该 IP 的端口信号定义如下表所示：

表 1 RowGenerator IP 端口列表

信号名	方向	宽度	含义
clk	I	1	Clock.
rst_n	I	1	Reset, active low.
in_enable	I	1	Input data enable, it works as fifo0's wr_en.
in_data	I	Color_Width	Input data, it must be synchronous with in_enable.
out_ready	O	1	Output data ready, in both two mode, it will be high while the out_data can be read.
out_data	O	rows_width * color_width	Output data, it will be synchronous with out_ready. The lowest color_width-bits of this are the first row!

	标题	文档编号	版本	页
	Lab8: 图像处理滤波器实验 5	XDI-SWORD-IMG-008	1.0	8 of 26
	作者	修改日期	公开	
	Joseph Xu	2018/5/17		

而 WindowGenerator 这个 IP 的作用是滑动窗口缓存。

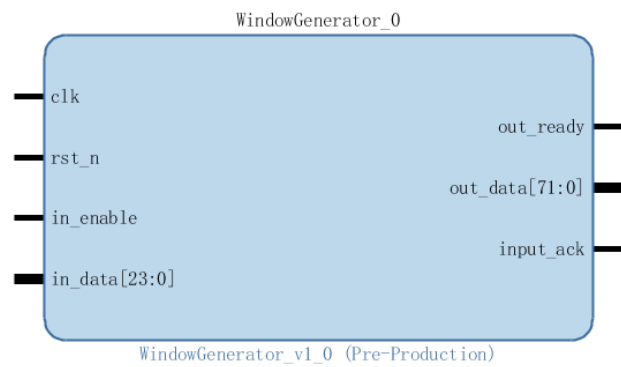


图 1-4 WindowGenerator IP

该 IP 的端口信号定义如下表所示：

表 2 WindowGenerator IP 端口列表

信号名	方向	宽度	含义
clk	I	1	Clock.
rst_n	I	1	Reset, active low.
in_enable	O	1	Input data enable, in pipeline mode, it works as another rst_n, in req-ack mode, only it is high will in_data can be really changes.
in_data	O	color_width * window_width	Input data, it must be synchronous with in_enable.
out_ready	O	1	Output data ready, in both two mode, it will be high while the out_data can be read.
out_data	O	color_width* window_width *window_width	Output data, it will be synchronous with out_ready.
input_ack	O	1	Input ack, only used for req-ack mode, this port will give a ack while the input_data received.

而 MeanFilter 这个 IP 的作用是（算术）均值滤波器。

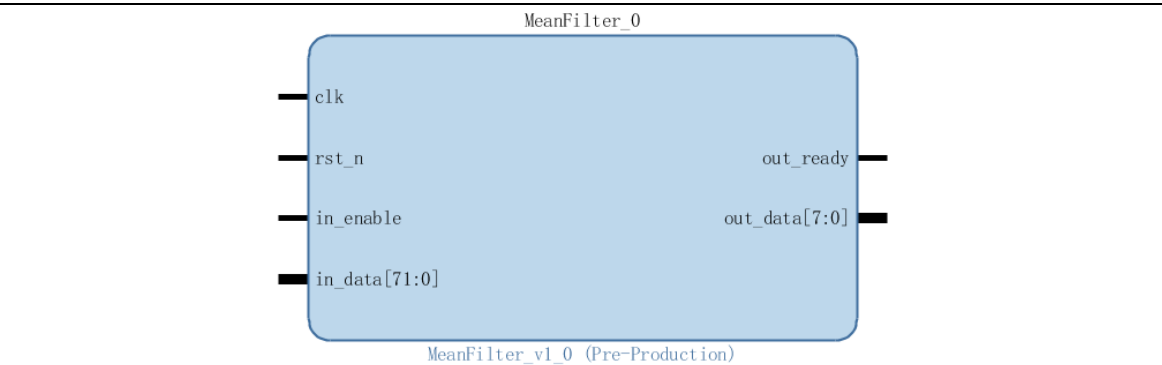


图 1-5 MeanFilter IP

该 IP 的端口信号定义如下表所示：

表 3 MeanFilter IP 端口列表

信号名	方向	宽度	含义
clk	I	1	Clock.
rst_n	I	1	Reset, active low.
in_enable	I	1	Input data enable, in pipeline mode, it works as another rst_n, in req-ack mode, only it is high will in_data can be really changes.
in_data	I	color_width *window_width *window_width	Input data, it must be synchronous with in_enable.
out_ready	O	1	Output data ready, in both two mode, it will be high while the out_data can be read.
out_data	O	color_width	Output data, it will be synchronous with out_ready.

2. 二值模板匹配实验流程

本章将详细描述如何在 Vivado 2014.4 的环境下完成实验。请耐心等待，仔细按照图示和文字说明进行操作。

2.1 操作步骤

- 1
- 由于本实验是在实验 7 的基础上进行修改,所以我们将之前的实验部分复制 1 份,具体做法为在 D:\ImageLabs 文件夹下,将鼠标左键选中 lab7,然后按住 Ctrl 键不放,并拖拽到空白处,这样得到一个 lab7 的副本,如下图所示:

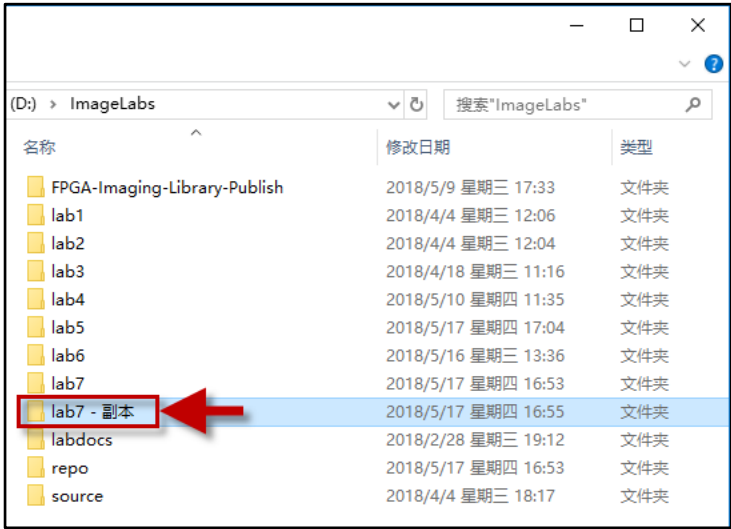


图 2-1 复制一个实验 7 副本

然后将 lab7 的副本重命名为 lab8,如下图所示,至此我们就可以在 lab8 文件夹里开始我们的实验内容:

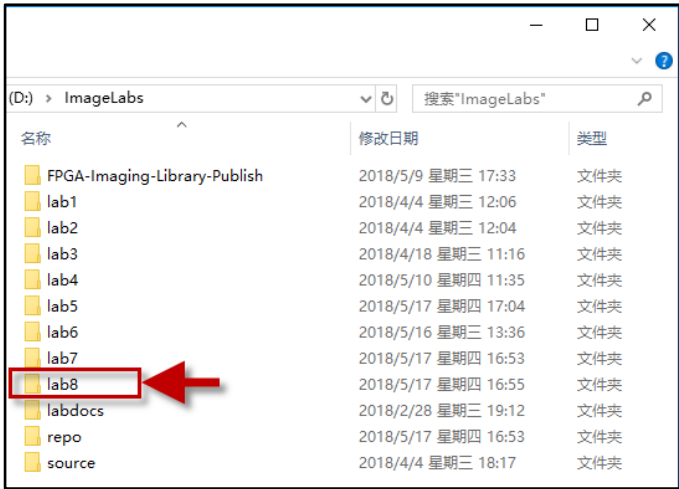



图 2-2 重命名实验目录

- 2
- 接着启动 Vivado 2014.4,在启动界面选择 Open Project,如下图所示:

	标题	文档编号	版本	页
	Lab8: 图像处理滤波器实验 5	XDI-SWORD-IMG-008	1.0	11 of 26
	作者	修改日期	公开	
	Joseph Xu	2018/5/17		

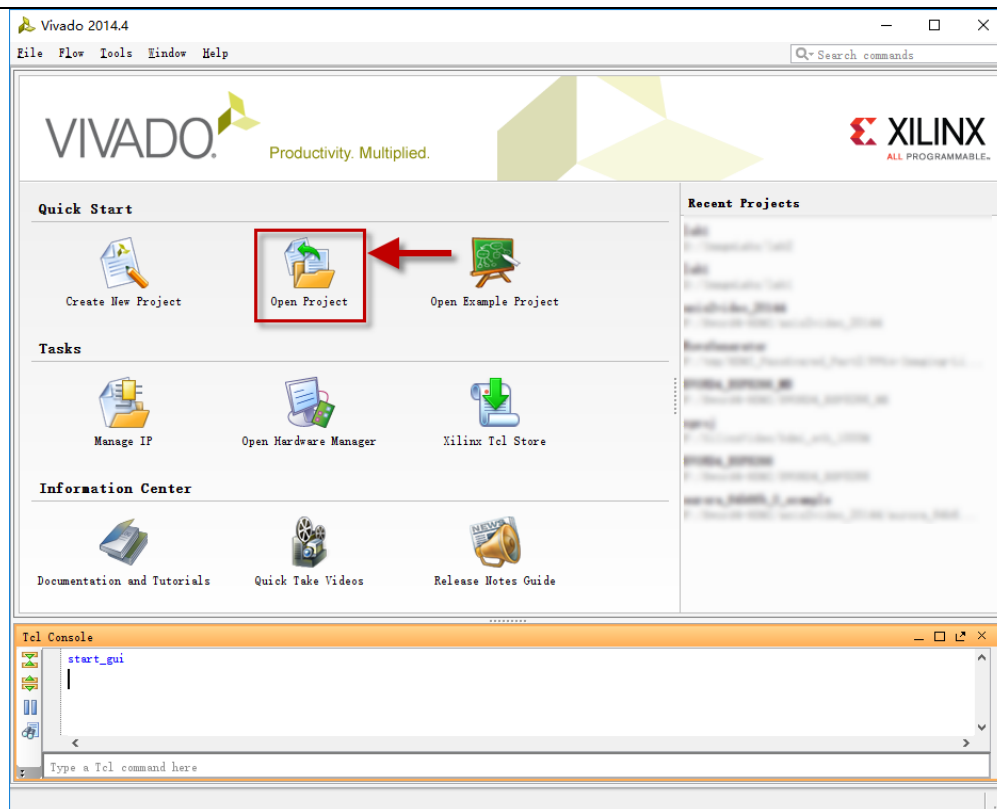


图 2-3 启动 Vivado

- 3 然后在选择对话框中 找到之前的 lab7 (即 D:\ImageLabs\lab7) 然后选择 lab1.xpr 文件, 点击 OK, 打开工程, 整个过程如下图所示:

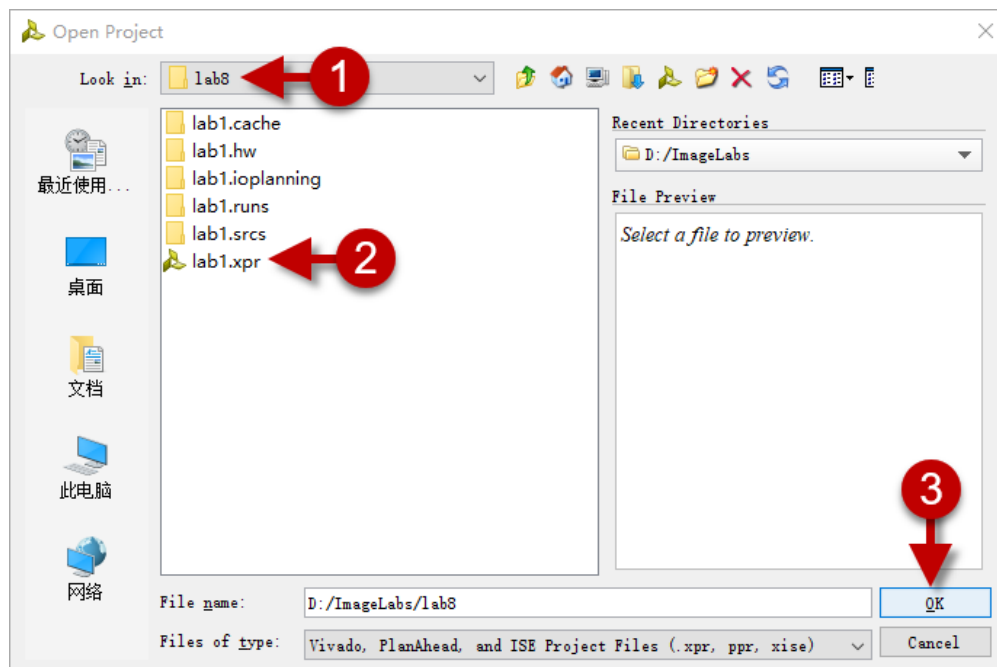



图 2-4 打开工程

- 4 然后在 Vivado 的主界面, 点击 Open Block Design, 这时会在主界面右边区域看到之前实验 7 的 IP 结构, 如下图所示:

	标题	文档编号	版本	页
	Lab8: 图像处理滤波器实验 5	XDI-SWORD-IMG-008	1.0	12 of 26
	作者	修改日期	公开	
	Joseph Xu	2018/5/17		

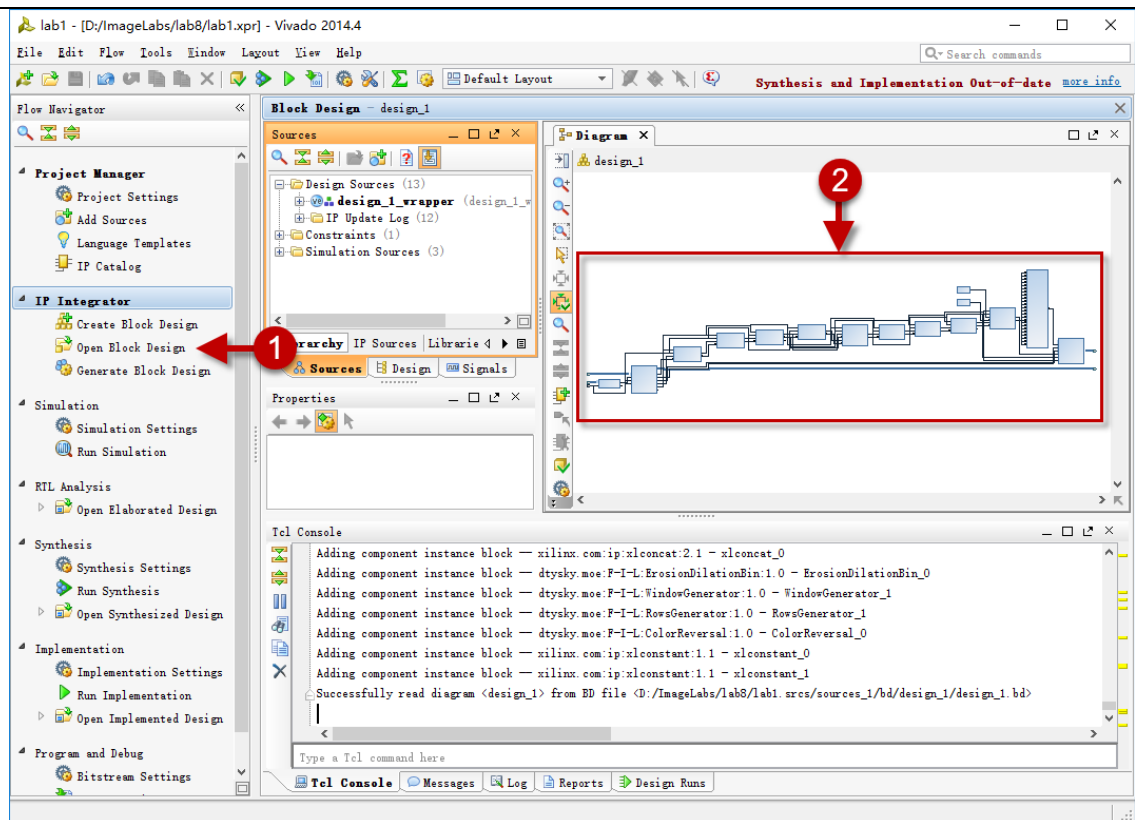


图 2-5 实验初始视图

- 5 在此基础上，我们开始添加 IP，点击左边栏的 Add IP 图标，然后在弹出的搜索框中，输入 template，这时能看到搜索结果中有个 MatchTemplateBin 的 IP，双击它进行添加，整个过程如下图所示：

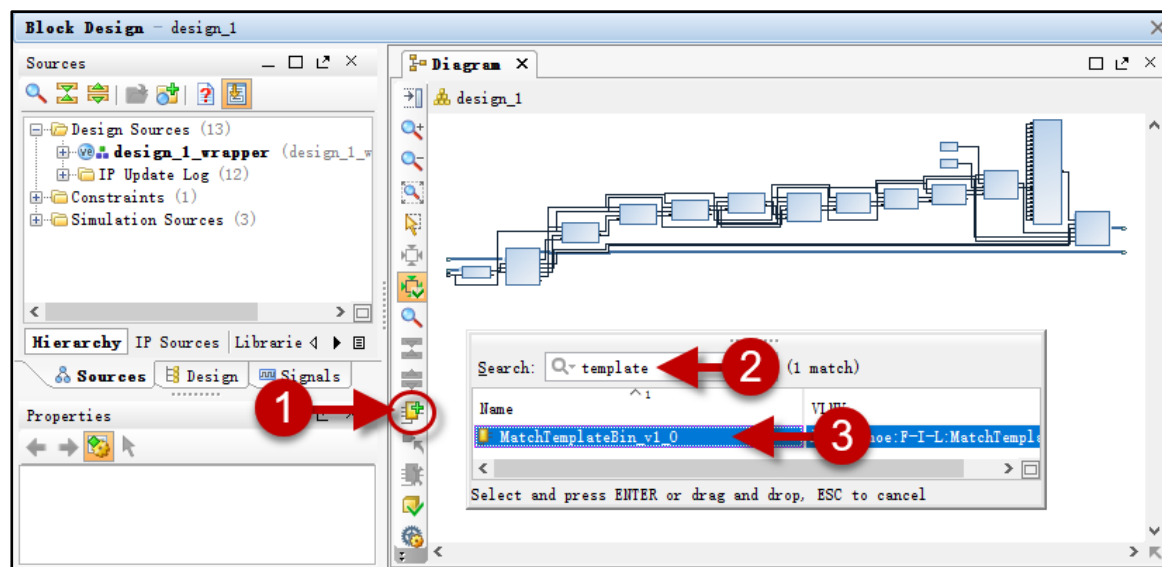



图 2-6 添加二值模板匹配 IP

- 6 添加后的 IP 视图如下图所示：

	标题	文档编号	版本	页
	Lab8: 图像处理滤波器实验 5	XDI-SWORD-IMG-008	1.0	13 of 26
	作者	修改日期	公开	
	Joseph Xu	2018/5/17		

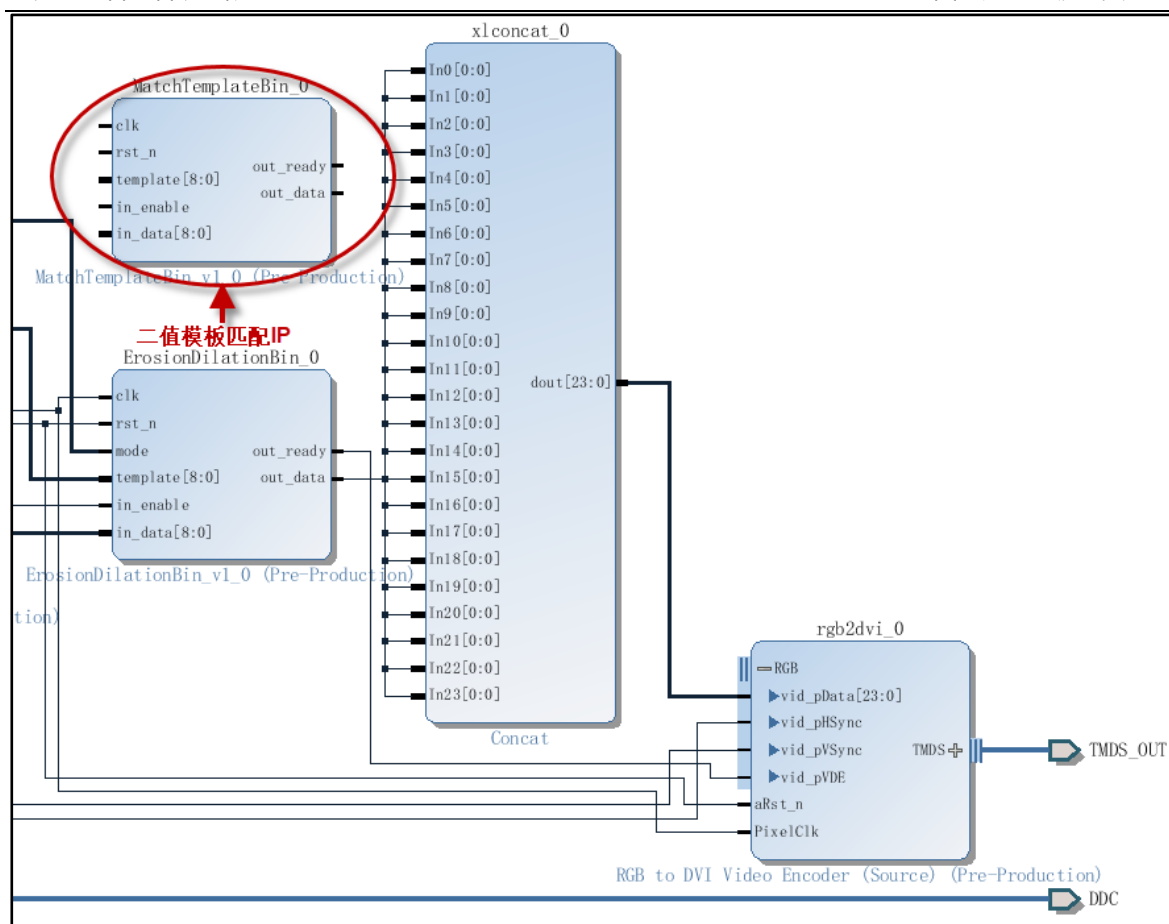


图 2-7 添加二值模板匹配 IP 后的视图

- 7 双击 MatchTemplateBin_0 这个 IP 进行配置，保持默认参数配置即可，如下图所示：

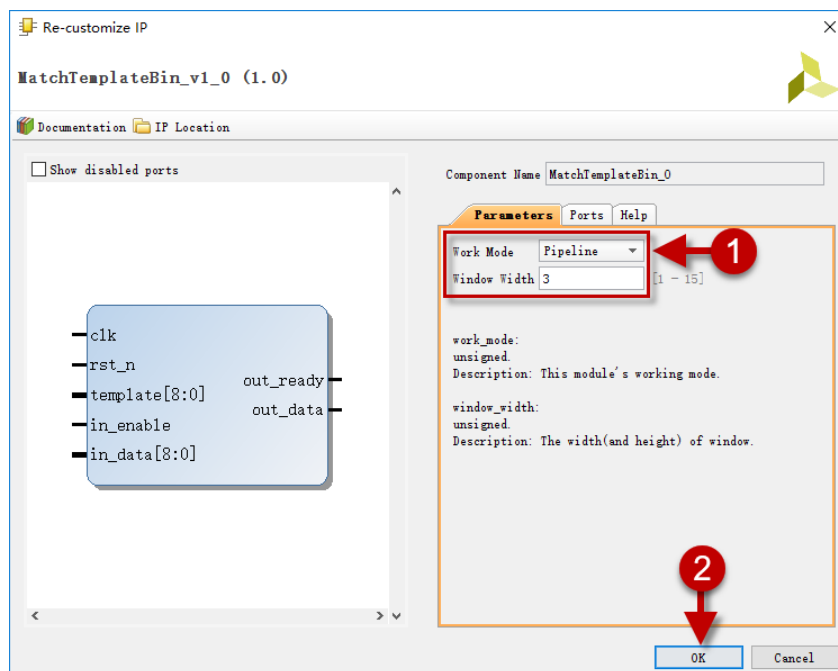


图 2-8 二值模板匹配 IP 配置

	标题	文档编号	版本	页
	Lab8: 图像处理滤波器实验 5	XDI-SWORD-IMG-008	1.0	14 of 26
	作者	修改日期	公开	
	Joseph Xu	2018/5/17		

8 由于二值模板匹配 IP 也是对二值图像进行操作，所以它在本实验里的连接和实验 7 的腐蚀膨胀 IP 连接方式类似，为此我们直接在实验 7 的基础上，进行替换连接即可，具体步骤如下：

首先删除腐蚀膨胀 IP，鼠标左键选中 ErosionDilationBin 这个 IP 后，鼠标右键选择 Delete 删除，整个过程如下图所示：

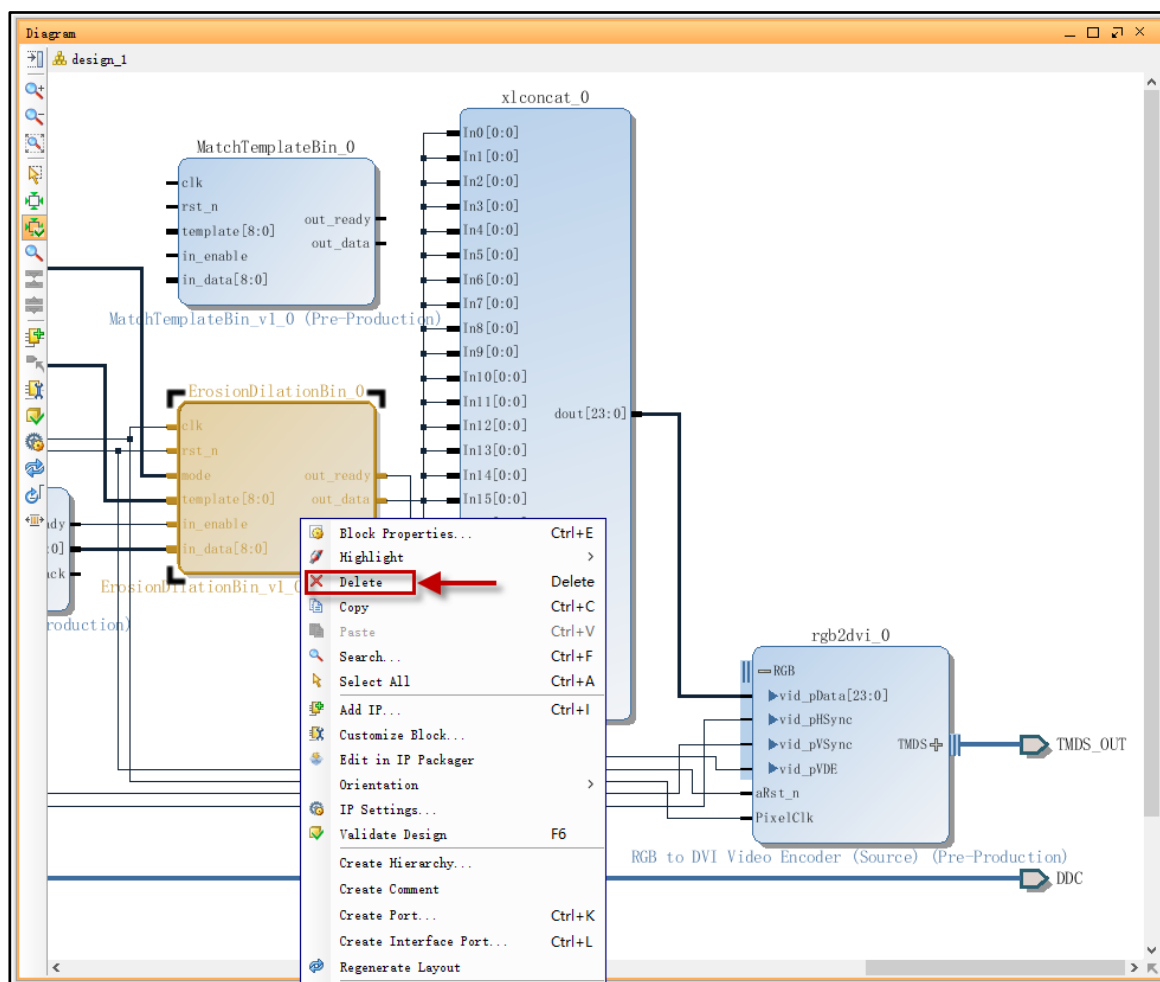



图 2-9 删除腐蚀膨胀 IP

删除后的 IP 视图如下图所示：

	标题	文档编号	版本	页
	Lab8: 图像处理滤波器实验 5	XDI-SWORD-IMG-008	1.0	15 of 26
	作者	修改日期	公开	
	Joseph Xu	2018/5/17		

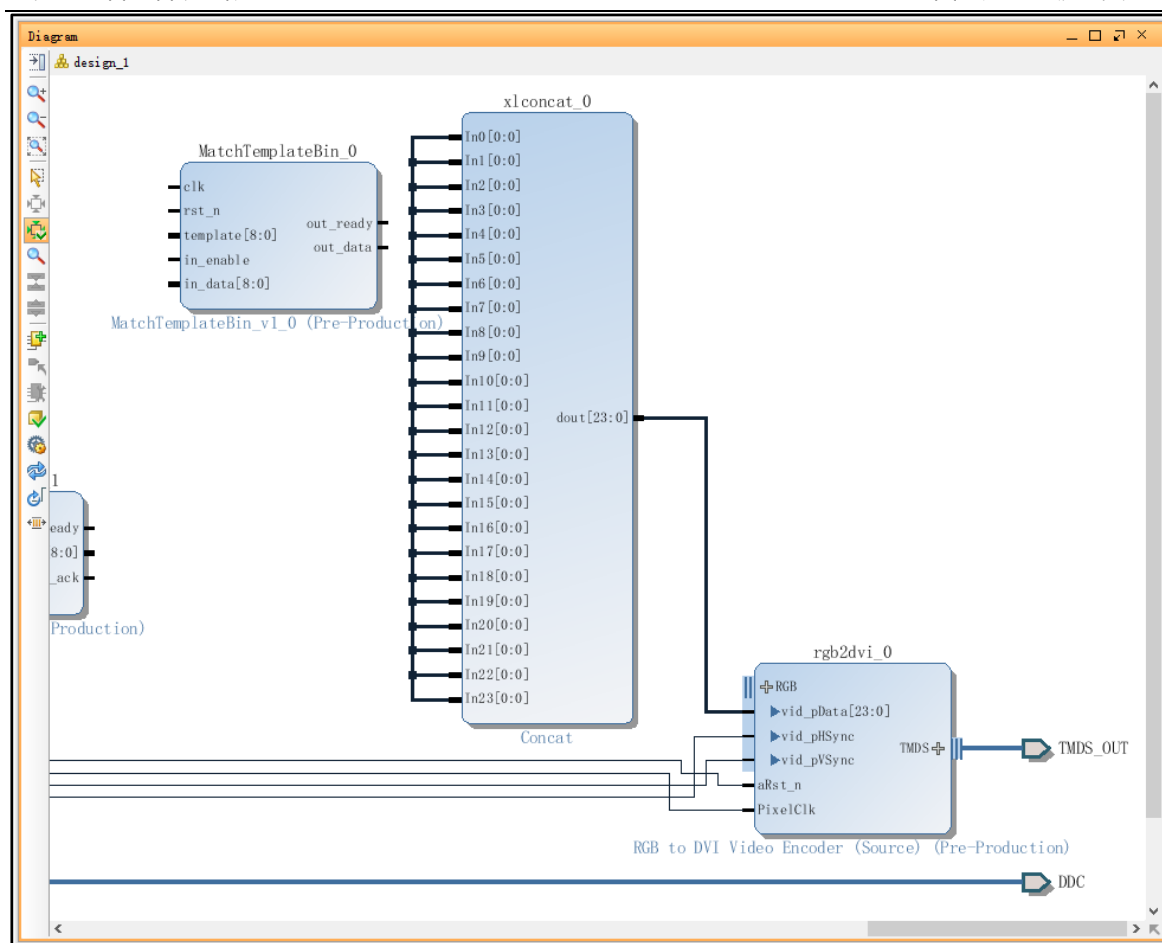



图 2-10 删除腐蚀膨胀 IP 后的视图

按照同样的方法删除 xlconstant_0 这个 IP，删除后的 IP 视图如下图所示：

	标题	文档编号	版本	页
	Lab8: 图像处理滤波器实验 5	XDI-SWORD-IMG-008	1.0	16 of 26
	作者	修改日期	公开	
	Joseph Xu	2018/5/17		

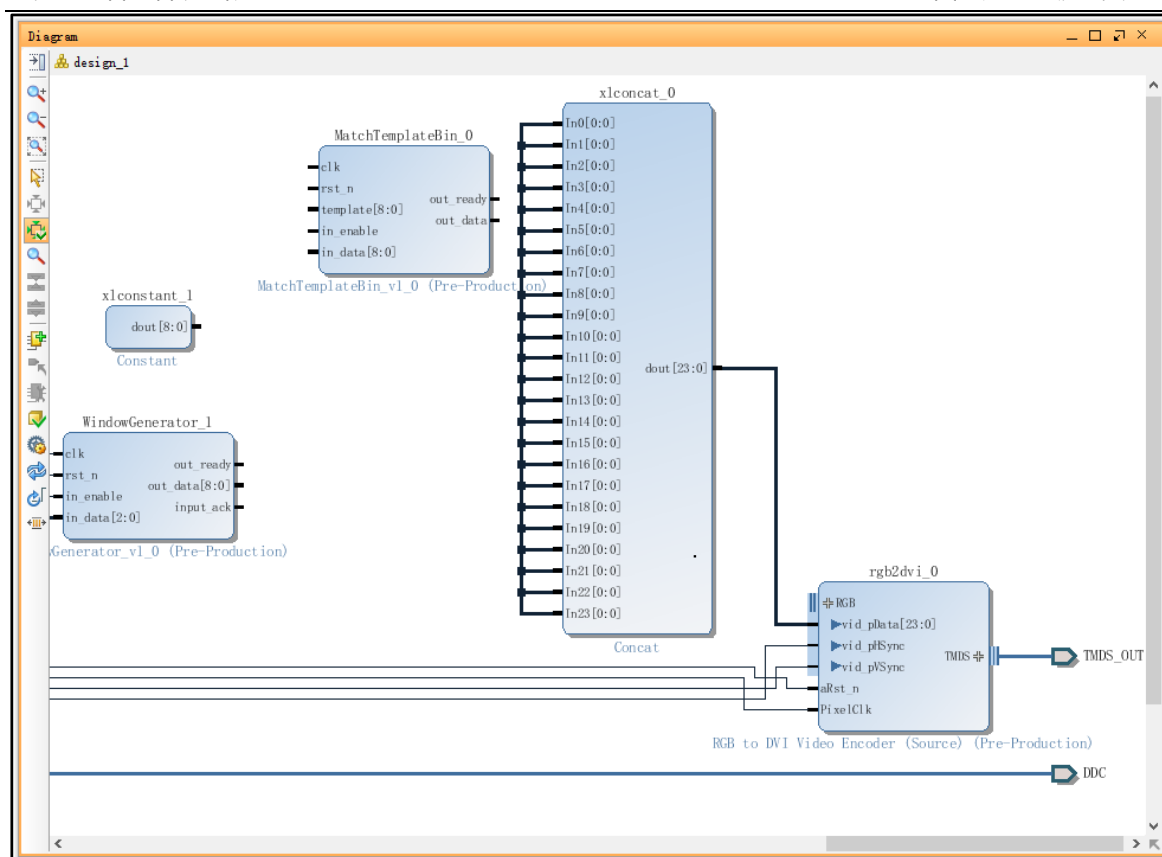



图 2-11 删除 xlconcat_0 后的 IP 视图

9 接着我们双击 xlconstant_1 重新配置这个 IP，作为匹配模板输入。按照如下方式进行配置：

- Const Width：9
- Const Val：432（十进制 432=二进制 110110000）

确认上述设置后，点击 OK 确定，整个过程如下图所示：

	标题	文档编号	版本	页
	Lab8: 图像处理滤波器实验 5	XDI-SWORD-IMG-008	1.0	17 of 26
	作者	修改日期	公开	
	Joseph Xu	2018/5/17		

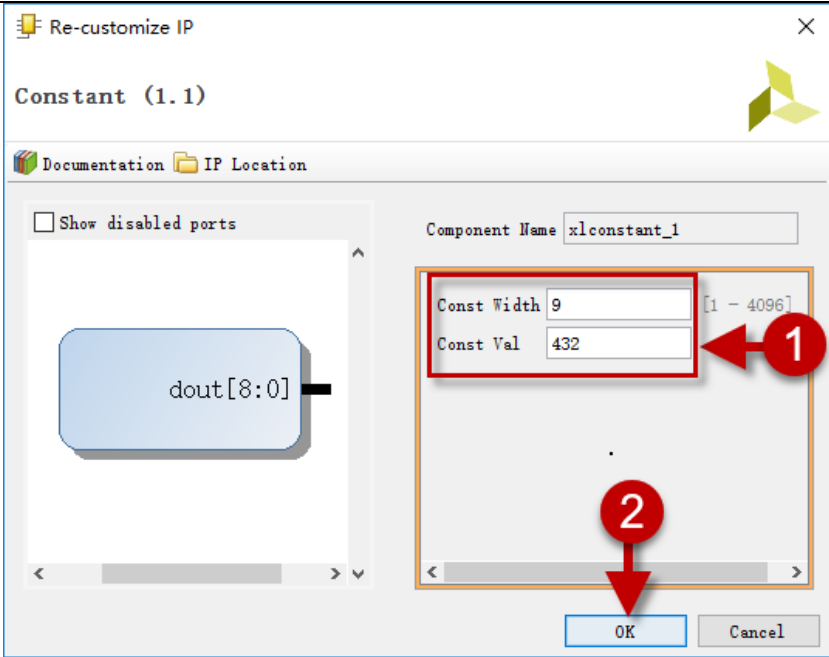


图 2-12 配置匹配模板输入

- 10 然后我们开始连接这些 IP。接着我们将按照如下方式进行连接：
- MatchTemplateBin_0:clk → dvi2rgb_0:PixelClk
 - MatchTemplateBin_0:rst_n → clk_wiz_0:resetn
 - MatchTemplateBin_0:template[8:0] → xlconstant_1:dout[8:0]
 - MatchTemplateBin_0:in_enable → WindowGenerator_1:out_ready
 - MatchTemplateBin_0:in_data[8:0] → WindowGenerator_1:out_data[8:0]
 - MatchTemplateBin_0:out_ready → rgb2dvi_0:vid_pVDE
 - MatchTemplateBin_0:out_data[0:0] → xlconcat_0:ln0[0:0]
- 连接后的效果如下图所示，请仔细检查各 IP 的端口连接是否正确，为了方便核对，下图各种连接的高亮色图以示区别：
- 提示：下图仅作为检查连接使用，读者完全不必也按照图示颜色进行标注 !!!**

	标题	文档编号	版本	页
	Lab8: 图像处理滤波器实验 5	XDI-SWORD-IMG-008	1.0	18 of 26
	作者	修改日期	公开	
	Joseph Xu	2018/5/17		

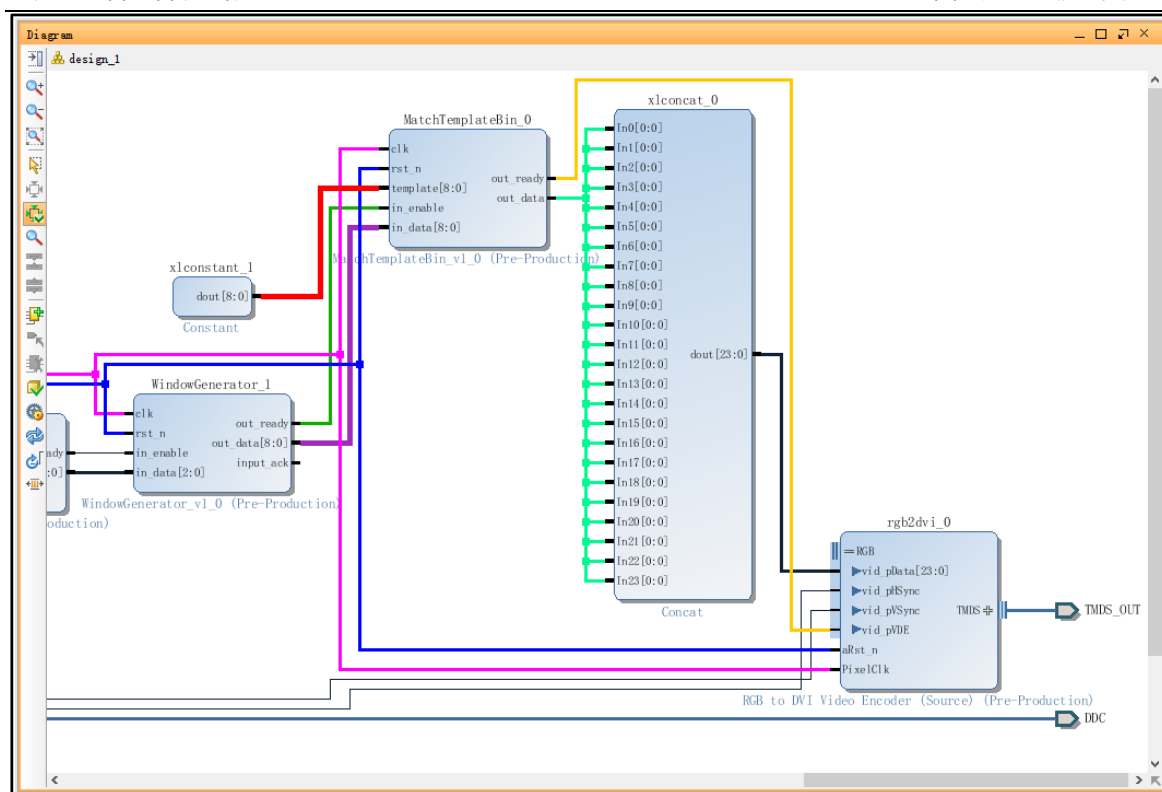


图 2-13 端口连接检查

- 11 连接检查无误后，即可保存 IP 模块化设计，在 Vivado 主界面点击保存图标，如下图所示：

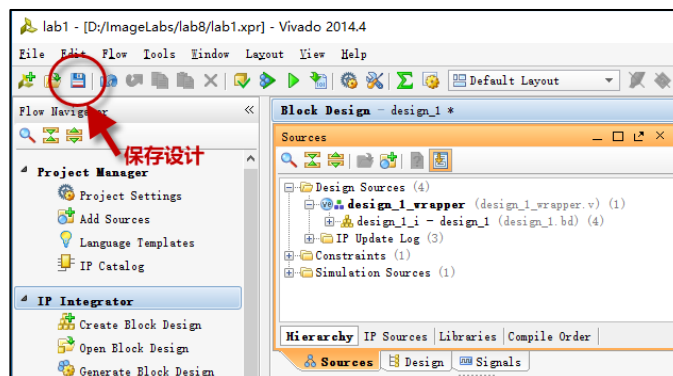


图 2-14 保存设计

接着在 Source 子窗口中展开 design_1_wrapper，选中 design_1.bd，鼠标右键单击，在弹出的菜单中选择 Create HDL Wrapper，整个过程如下图所示：

	标题	文档编号	版本	页
	Lab8: 图像处理滤波器实验 5	XDI-SWORD-IMG-008	1.0	19 of 26
	作者	修改日期	公开	
	Joseph Xu	2018/5/17		

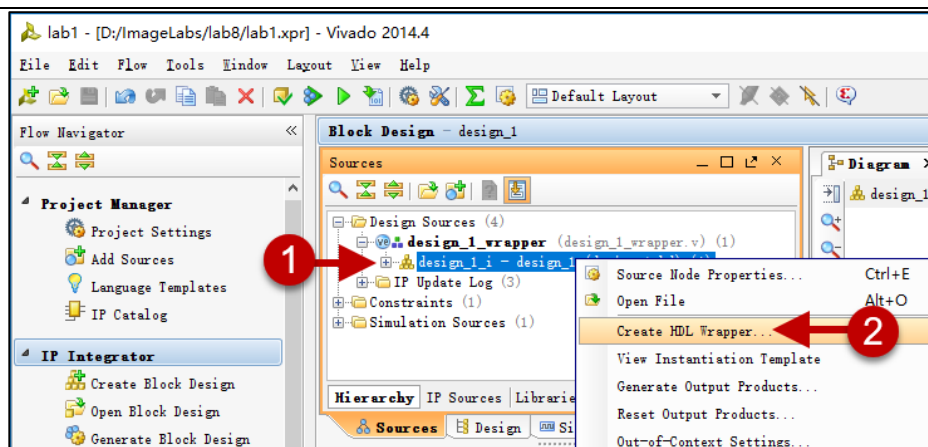


图 2-15 创建实验顶层 Wrapper 文件

接着在弹出的对话框中，保持默认选项不变，即选择 Let Vivado manage wrapper and auto-update，然后点击 OK，如下图所示：

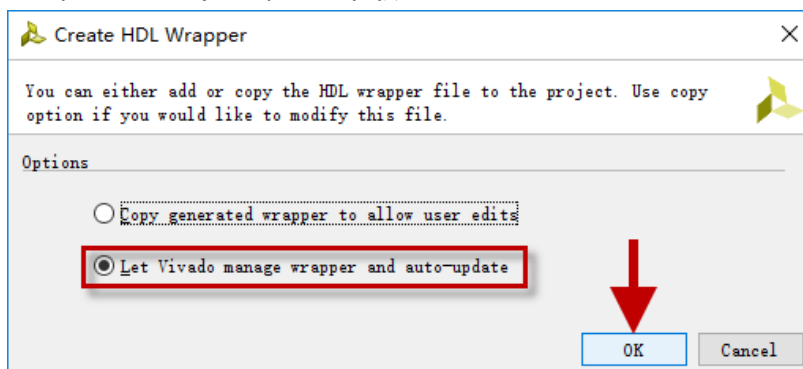


图 2-16 自动更新顶层文件

接着我们还要对 lab1.xdc 文件进行修改。为此，先在 Vivado 的主界面选中 Project Manager，接着在右边的 Source 窗口栏中依次展开 Constraints → constrs_1，在展开后的最下层可以看到 lab1.xdc 文件，双击这个文件打开，整个过程如下图所示：

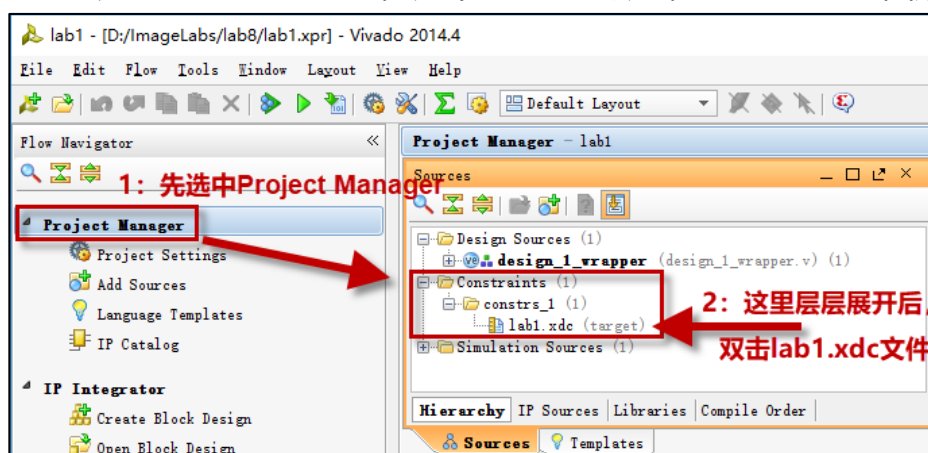



图 2-17 打开 lab1.xdc 文件

在该文件中，删除如下 2 行语句：

```
set_property DONT_TOUCH true [get_cells design_1_i/xlconstant_0]
set_property DONT_TOUCH true [get_cells design_1_i/xlconstant_0/inst]
```

	标题	文档编号	版本	页
	Lab8: 图像处理滤波器实验 5	XDI-SWORD-IMG-008	1.0	20 of 26
	作者	修改日期	公开	
	Joseph Xu	2018/5/17		

删除后点击窗口左边的保存图标，保存修改。整个过程如下图所示：

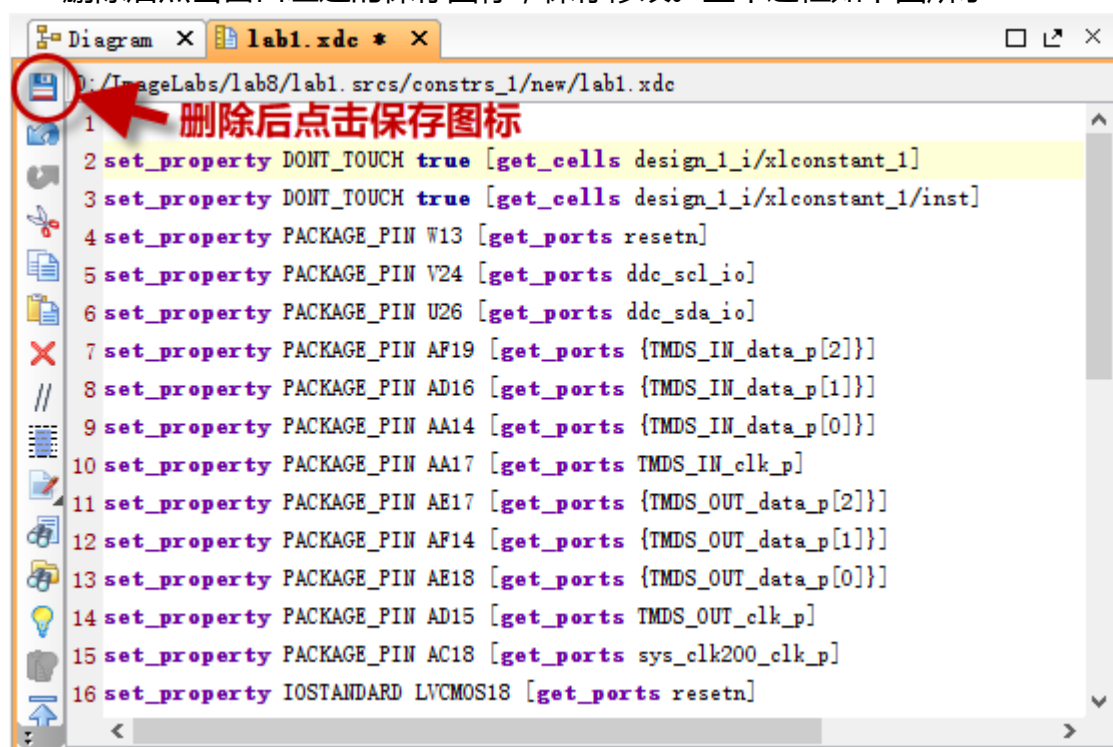


图 2-18 修改 lab1.xdc 文件

之后在 Vivado 主界面点击 Generate Bitstream，生成 bit 文件，如下图所示：

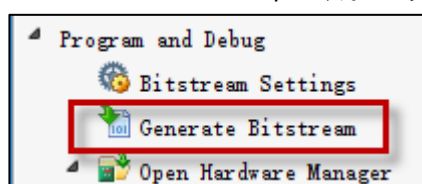


图 2-19 Generate Bitstream

在弹出的提示框中直接点 Yes 确认并继续，如下图所示：

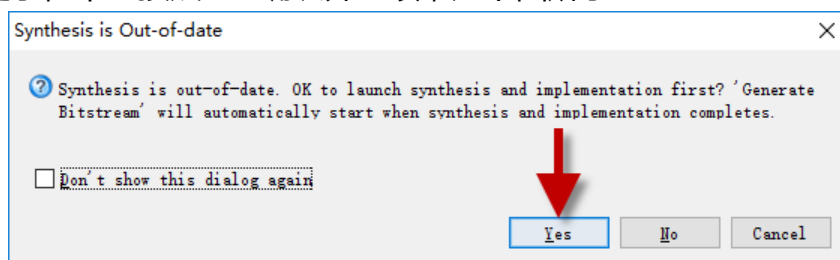


图 2-20 点击 Yes 确认生成 bit 文件

大约经过 10 分钟后，Vivado 会弹出 Bitstream Generation Completed 的提示框，表示 bit 文件完成，选择 Open Hardware Manager，然后点击 OK，如下图所示：

	标题	文档编号	版本	页
	Lab8: 图像处理滤波器实验 5	XDI-SWORD-IMG-008	1.0	21 of 26
	作者	修改日期	公开	
	Joseph Xu	2018/5/17		

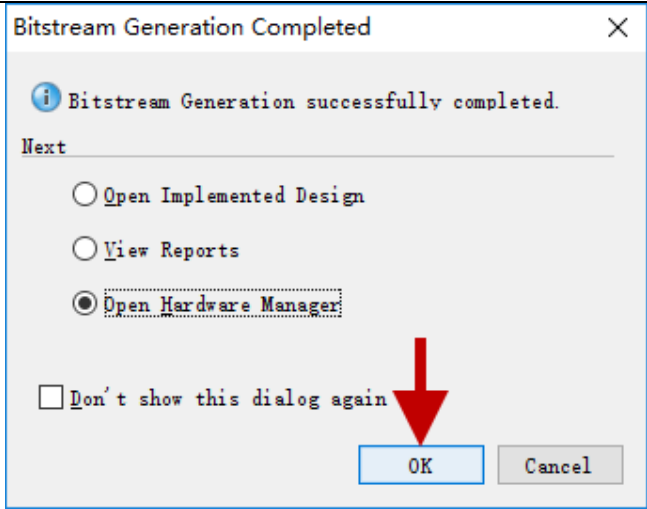


图 2-21 打开 Hardware Manager

接着我们需要对 SWORD4.0 硬件平台进行连接，根据下图示意依次进行如下操作：

- 1) 将电源线接上 SWORD4.0，注意此时 SWORD4.0 的开关不要打开；
- 2) 将下载器模块插到 SWORD4.0 的 CN7-JTAG 处，并将下载器的 USB 端口连到电脑；
- 3) 用一根 HDMI 线将 SWORD4.0 和 HDMI 信号源连接上；
- 4) 用一根 HDMI 线将 SWORD4.0 和 HDMI 显示器连接上；
- 5) 打开电源开关

	标题	文档编号	版本	页
	Lab8: 图像处理滤波器实验 5	XDI-SWORD-IMG-008	1.0	22 of 26
	作者	修改日期	公开	
	Joseph Xu	2018/5/17		

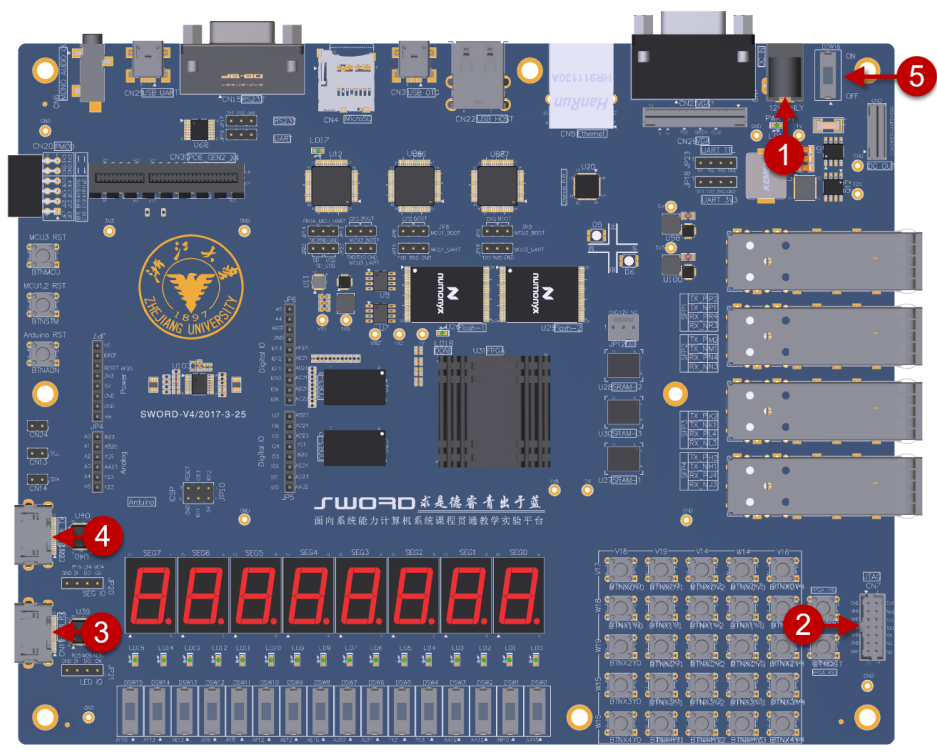


图 2-22 硬件连接对应位置

连接好后的效果如下图所示：

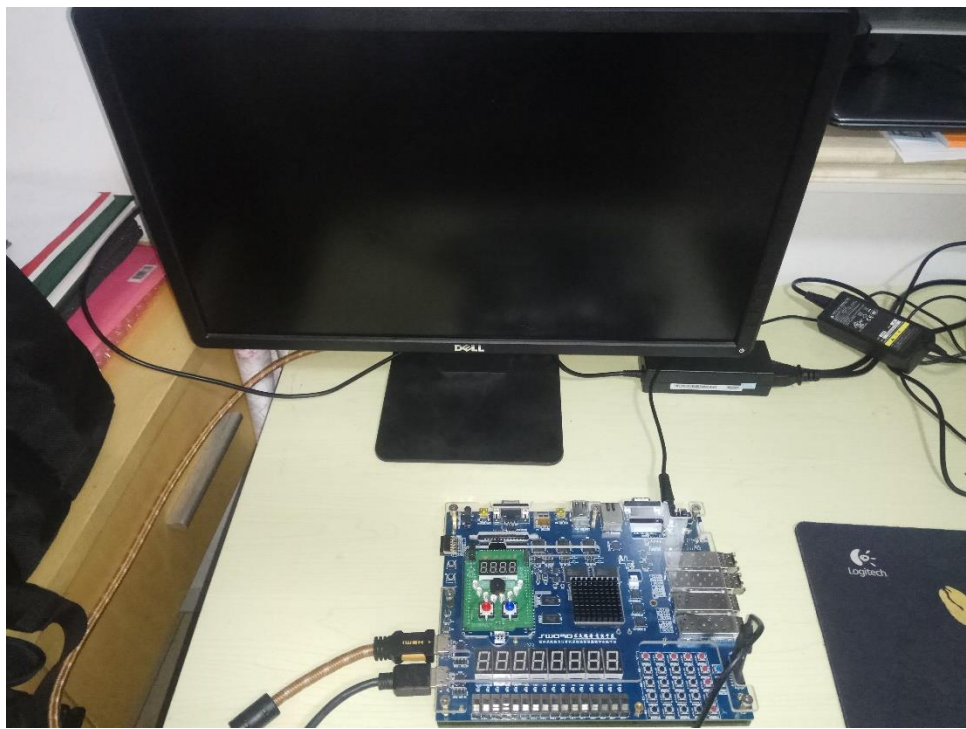



图 2-23 实际硬件连接

12 接着在 Hardware Manager 界面下，点击 Open target，在随之弹出的菜单中选择 Auto Connect，整个过程如下图所示：

	标题	文档编号	版本	页
	Lab8: 图像处理滤波器实验 5	XDI-SWORD-IMG-008	1.0	23 of 26
	作者	修改日期	公开	
Joseph Xu		2018/5/17		

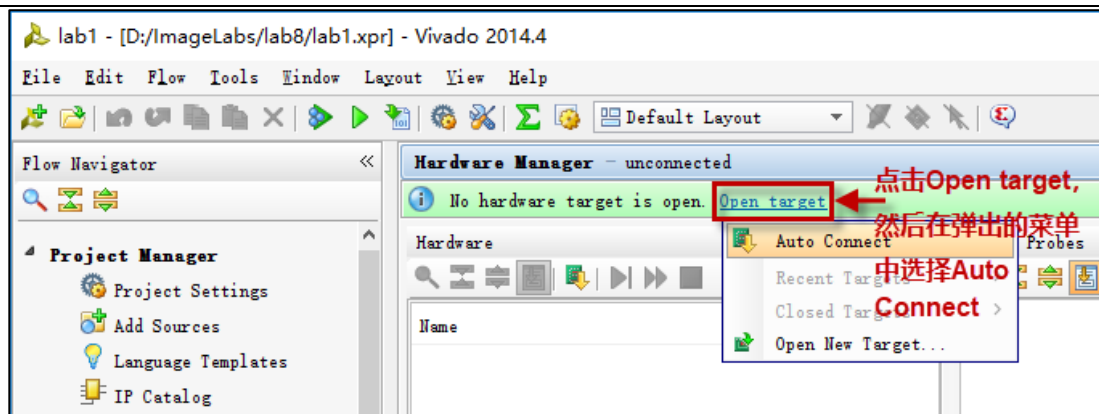


图 2-24 Open target

接着 Hardware Manager 会自动连接下载器并扫描 JTAG，一切正常的话，会显示出扫描到的目标器件：xc7k325t，鼠标右键单击目标器件，在弹出的窗口中选择 Program Device，整个过程如下图所示：

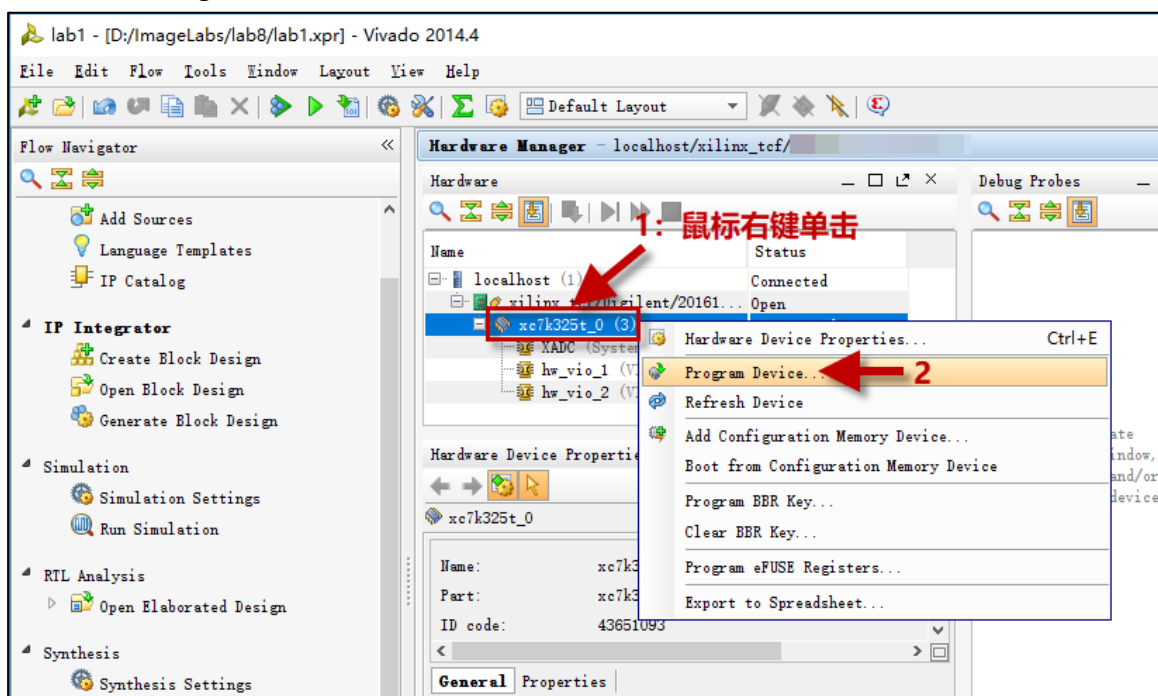



图 2-25 Program Device

在弹出的对话框中，保持默认设置，直接点击 Program，如下图所示：

提示：如果 Debug probe file 这一栏有输入，可忽略之。

	标题	文档编号	版本	页
	Lab8: 图像处理滤波器实验 5	XDI-SWORD-IMG-008	1.0	24 of 26
	作者	修改日期	公开	
	Joseph Xu	2018/5/17		

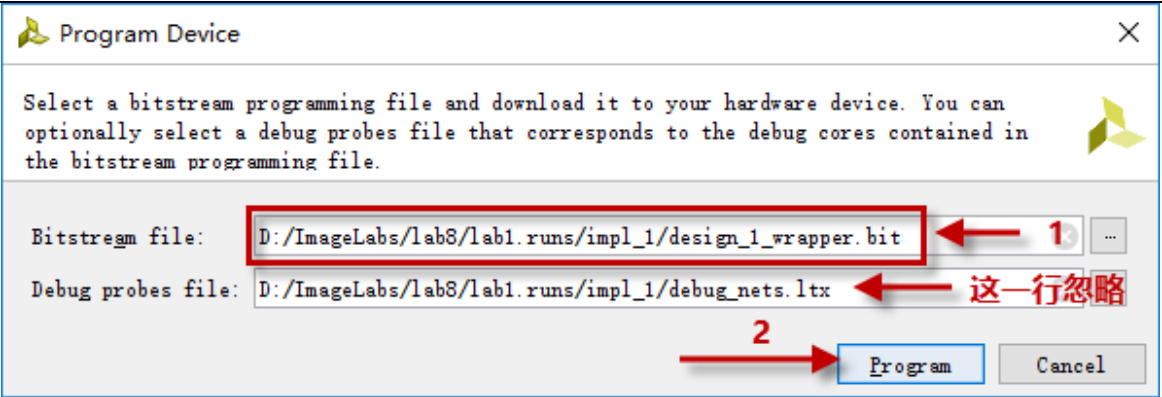


图 2-26 烧写目标器件

随着如下图所示进度条显示 100%，即表示目标器件烧写完毕。即可进入实验现象观察阶段。

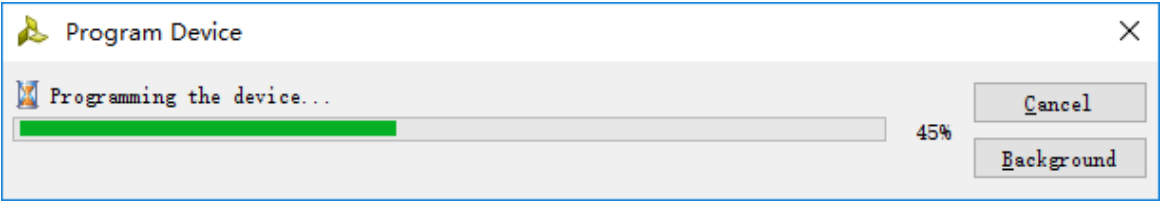


图 2-27 编程进度条

	标题	文档编号	版本	页
	Lab8: 图像处理滤波器实验 5	XDI-SWORD-IMG-008	1.0	25 of 26
	作者	修改日期	公开	
Joseph Xu		2018/5/17		

3. 二值模板匹配实验结果

我们将连接 HDMI 输入端口的 HDMI 线在信号源端重新插拔一次，以便让信号源设备重新检测 (Detect) 一下接收设备，一切正常的话，我们即可在 HDMI 显示器上看到经过局部阈值化滤波后的显示画面。

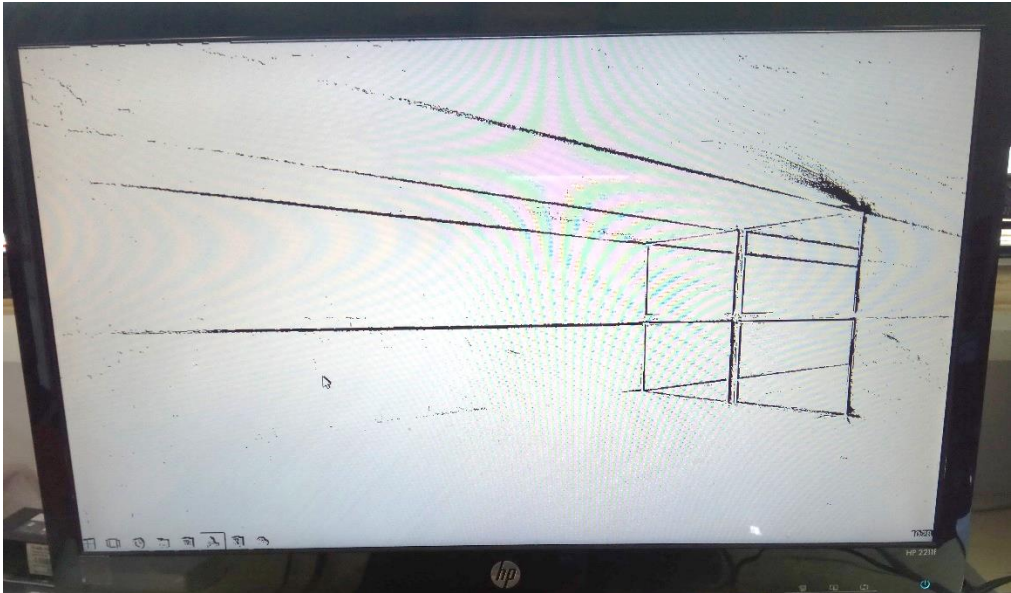



图 3-1 二值模板匹配显示结果

	标题	文档编号	版本	页
	Lab8: 图像处理滤波器实验 5	XDI-SWORD-IMG-008	1.0	26 of 26
	作者	修改日期	公开	
	Joseph Xu	2018/5/17		